

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑯ **Offenlegungsschrift**  
⑯ **DE 44 16 670 A 1**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Int. Cl. 6:  
**F01 L 1/26**  
F01 L 3/20  
F01 L 3/02  
F01 L 1/04  
F01 L 3/16

**DE 44 16 670 A 1**

⑯ Aktenzeichen: P 44 16 670.2  
⑯ Anmeldetag: 11. 5. 94  
⑯ Offenlegungstag: 23. 2. 95

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯

11.05.93 DE 43 15 696.7

⑯ Anmelder:

Sieber, Anton, 88214 Ravensburg, DE

⑯ Vertreter:

Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Rösler, U.,  
Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anwälte, 80689 München;  
Steinmann, O., Dr., Rechtsanw., 81677 München

⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder

⑯ Zylinder mit Kombinations-Auslaßventil und -Einlaßventil für Verbrennungsmotoren

⑯ Beschrieben wird ein Verfahren zur Befüllung eines Verbrennungsmotors mit Zylindern, die Kombinations-Aus- und -Einlaßventile (Kombiventile) aufweisen. Es wird dabei mindestens ein Ventil zum Einlassen und Ausschieben von Gasen benutzt. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß eine schnelle und effiziente Füllung des Brennraumes ermöglicht wird und außerdem die Kombiventile im Betrieb gekühlt werden. Des weiteren wird eine Vorrichtung zur Ansteuerung von Ventilen vorgestellt, bei der das Winkelgeschwindigkeitsverhältnis vom Ventil zur Kurbelwelle kurzzeitig derart variiert wird, daß für eine gewisse Zeit ein optimal großer Querschnitt für das Ausschieben von Abgasen oder das Einlassen von Frischgasen gegeben ist. Die Kombination beider Vorrichtungen wird ebenfalls beschrieben.

**DE 44 16 670 A 1**

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Füllen eines Brennraums eines Verbrennungsmotors.

In herkömmlichen Verbrennungsmotoren werden Ventile in Zylindern benutzt, die entweder das Brenngas einlassen oder die Abgase ausschieben, d. h. das Ausschieben und Einlassen der Gase erfolgt über im Zylinder an unterschiedlichen Orten angeordnete Ventile.

Zur Erläuterung der im folgenden vorausgesetzten Begriffe wird nachfolgend das Prinzip herkömmlicher nach dem Viertaktverfahren arbeitender Ottomotoren mit einem Einlaß- und einem Auslaßventil kurz beschrieben.

Die einzelnen Takte des Viertaktverfahrens sind:

1. Ansaugen des Luft-Kraftstoff-Gemisches oder der Luft,
2. Verdichten des Zylinderinhaltes,
3. Verbrennung und Expansion mit Arbeitsleistung,
4. Ausschieben der verbrannten Gase.

Die Kurbelwelle, die die Kolben in den Zylindern bewegt, dreht sich bei diesen vier Taktten üblicherweise um  $\alpha = 720^\circ$ . Die Nockenwelle, die die Ventile bewegt, dreht sich in der gleichen Zeit um  $\alpha = 360^\circ$ .

Zu Beginn des ersten Taktes sitzt der Kolben im oberen Totpunkt (OT). Diese Position ist mit  $\alpha = \beta = 0^\circ$  gleichzusetzen. In der Zeit, in der sich der Kolben nach unten bewegt ( $0^\circ < \alpha/2$  bzw.  $\beta < 90^\circ$ ), ist das Einlaßventil geöffnet und Gas wird in den Brennraum eingeschoben.

Bei der nun folgenden Aufwärtsbewegung des Kolbens ( $90^\circ < \alpha/2$  bzw.  $\beta < 180^\circ$ ), sind beide Ventile geschlossen. Das Gas wird im Brennraum verdichtet. Im oberen Totpunkt (OT) des Kolbens wird das Gas gezündet; durch die Verbrennung der Gase wird der Kolben wieder nach unten gedrückt. Die Ventile sind zu diesem Zeitpunkt immer noch geschlossen. Das Auslaßventil öffnet sich erst wieder ca. bei einem Kurbelwellenwinkel  $\beta = 270^\circ$ .

Für  $270^\circ < \alpha/2$  bzw.  $\beta < 360^\circ$  bleibt das Auslaßventil geöffnet, der Kolben bewegt sich in Richtung OT und die Abgase werden ausgeschoben.

Bei diesem herkömmlichen Verfahren zur Befüllung der Brennräume, ist es nicht möglich oder nur erschwert möglich, Gase schnell und effizient in die Brennräume einzulassen, da nur ein begrenzter Querschnitt des Einlaßkanals gegeben ist. Heutzutage wird versucht dieses Manko durch elliptisch-zylindrisch geformte Einlaßkanäle oder durch Verwendung von z. B. zwei Einlaßventilen und einem Auslaßventil zu begegnen. Der Querschnitt der Auslaßkanäle kann allerdings für das Einlassen der Gase nicht genutzt werden.

Die hohen Temperaturen der Abgase macht es insbesondere bei Hochleistungsmotoren erforderlich, die Ventildeckel hitzebeständig auszubilden oder aber eine ausreichende Kühlung zu Verfügung zu stellen. Das relativ kalte Gas, das z. B. im Takt 1 des Viertaktverfahrens angesaugt wird, wird nicht zur Kühlung des Auslaßventils genutzt, obwohl es ein effizientes Kühlmedium wäre.

## Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Prinzip zu finden, mit dem es möglich ist, zusätzlich zu dem herkömmlichen Einlaß von Gasen in den Brennraum einer Verbrennungsmaschine weitere Einlaßmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen und damit eine effiziente und schnelle Füllung des Brennraumes mit Gas zu erreichen.

10 Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird in einem oder mehreren Zylindern mindestens ein Ventil, daß normalerweise nur als Auslaßventil benutzt wird, zusätzlich auch zum Einlassen von Gasen benutzt. Diese Ventile werden der Einfachheit halber als Kombiventile bezeichnet.

15 Im folgenden soll unterstellt werden, daß ein Zylinder mit  $n$  Einlaß- und  $n$  Kombiventilen ausgestattet ist ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ). Dieser Zylinder kann nun im Verhältnis zu einem herkömmlichen Zylinder mit  $2n$  herkömmlichen Ventilen doppelt so schnell gefüllt werden, da die Summe der Querschnitte der Einlaßkanäle im Vergleich doppelt so groß ist.

20 Bei Hochleistungsmotoren ist es üblich mehrere Ein- und Auslaßventile pro Zylinder zu verwenden. Es sind z. B. Kombinationen wie  $2n$  Einlaß- und  $n$  Auslaßventile bekannt. In diesem Falle unter Verwendung von Kombiventilen anstelle der Auslaßventile, erhöht sich die Füllgrad von Gasen in den Brennraum um den Faktor 3/2. Ohne Beschränkung auf die Allgemeinheit der vorliegenden Erfindung sind auch andere Kombinationen wie z. B.  $3n$  Einlaß- zu  $n$  Kombiventilen (oder  $n$  zu  $2n$  oder  $2n$  zu  $3n \dots$ ) denkbar. Natürlich sind auch beliebige andere Kombinationen von herkömmlichen Ventilen mit Kombiventilen denkbar.

25 Durch die Kombination aus Einlassen und Ausschieben der Frisch- bzw. Abgase über die erfindungsgemäß Kombiventile werden diese außerdem quasi nebenbei gekühlt.

30 Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, die Brennräume der Verbrennungsmotoren besser und schneller mit Gas zu füllen. Es ist denkbar, daß in jedem Zylinder nur Kombinations-Auslaßventile und Einlaßventile verwendet werden.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

35 Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen bezüglich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine Aufsicht in den Zylinderkopf,

Fig. 2 ein Schnitt durch den Zylinderkopf entlang der Linie AA aus Fig. 1,

Fig. 3 bis Fig. 14 jeweils Schnitte durch den Zylinderkopf, die in ihrer Gesamtheit ein Ablaufschema eines Otto-Motors im Viertaktverfahren (ab jetzt 4-Takt-Otto-Motor), das auch als Gaswechselablaufschema bekannt ist, darstellt,

Fig. 15 eine Ansteuerung des Ringschiebers, damit der Ablauf der vier Takte optimal gestaltet wird,

Fig. 16 Schnitt durch den Zylinderkopf eines Vier-takt-Otto-Motors eines weiteren Ausführungsbeispiels,

Fig. 17 Nockenwellenansteuerung des in Fig. 16 ge-

zeigten Viertakt-Otto-Motors,

Fig. 18 Drehschieberkonstruktion für einen Zweizylinder-Verbrennungsmotor,

Fig. 19 bis Fig. 21 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Ventilkopfes.

#### Darstellung von Ausführungsbeispielen

Fig. 1 zeigt eine Aufsicht in einen Zylinderkopf (1) von einem Verbrennungsmotor. In diesem Fall sind zwei kreisförmige Einlaßventile (2) aufgeführt. Die Form der Einlaßventile ist nicht auf diese Form beschränkt; es sind auch z. B. elliptische Ausführungen möglich. Des Weiteren sind in Fig. 1 zwei Kombiventile (3) zu sehen, die ebenso hier kreisförmig ausgebildet sind, allerdings auch z. B. elliptisch sein könnten. Unter der Mitte des Zylinderkopfes (1) befindet sich der Verbrennungsraum (4), der beliebig ausgebildet sein kann, inklusive der Zündkerzen.

Fig. 2 zeigt einen Schnitt des Zylinderkopfes an der Linie AA der Fig. 1. Zusätzlich zu dem Verbrennungsraum (4) und den Ventildeckeln des Einlaßventils (2) und des Kombiventils (3) werden die Ansaugkanäle (51) und (52) als auch der Ansaug- bzw. Ausschiebkanal (Kombikanal) (53) gezeigt. Ein Ventil, das wie in der Fig. 2 als Drehschieber (oder Ringschieber) (6) dargestellt ist, regelt den Gaseinlaß und Gasausschub wie untenstehend beschrieben. Der Abgaskanal (7) schließt linkseitig mit dem Ringschieber (6) ab. Anstelle des Drehschiebers sind auch andere geeignete Vorrichtungen zur Gasflußregelung denkbar, wie z. B.: Klappenventile und Ventile in Dreiventiltechnik.

Die Fig. 3 bis 14 zeigen ein Ablaufschema eines 4-Takt-Otto-Motors, das im Prinzip so wie obenstehend bei einem normalen 4 Takt Otto-Motor funktioniert. Erfindungsgemäß sind auch Otto- bzw. Diesel-Motoren mit mehr oder weniger Ventilen als auch z. B. Zweitakter machbar.

Zusätzlich zu den vorherigen Zeichnungen sind in den Zeichnungen 3 bis 14 noch der Zylinder (9) und die Nockenwellen für das Kombiventil (31) und das Einlaßventil (21) eingetragen. Das Drehschieberventil (6) zeigt in den Fig. 3 bis 14 eine Aussparung (8), die als Ausfräse, Schlitz oder ähnliches ausgeführt werden kann. Bei einem Nockenwellenwinkel  $\beta = 0^\circ = 360^\circ$ , der einem Kurbelwellenwinkel (KW-Winkel) von  $\alpha = 0^\circ$  entspricht, sitzt der Kolben im oberen toten Punkt (OT) und die Aussparung (8) liegt so dem Kombikanal (53) gegenüber, daß das Ventil den Abgaskanal (7) und den Ansaugkanal (52) schließt (Fig. 3).

Durch eine Abwärtsbewegung des Kolbens entsteht ein Unterdruck im Zylinder (1) und das Frischgas wird durch den Ansaugkanal (51) in den Zylinder eingesaugt. Zusätzlich gelangt Frischgas über den Ansaugkanal (52) und die Aussparung (8) des Drehschieberventils. Die Ventile (2) und (3) sind in diesem Fall geöffnet (Fig. 4 und Fig. 5). Durch eine geeignete Vorrichtung (z. B. Drehschieber-, Doppel-, Klappen- oder Mehrfachventil) muß hierbei Sorge getragen werden, den Abgaskanal (7) zu schließen. In Fig. 4 ist die Strömrichtung des Frischgases eingezeichnet. Das Einsaugen des Frischgases findet je nach Ausführungsform der beteiligten Komponenten bis zu einem Nockenwellenwinkel von ca.  $90^\circ$  statt. Es ist bekannt, daß aufgrund des Schwingungsverhaltens der Gase auch noch bei einer Aufwärtsbewegung des Kolbens, also bei  $\beta > 90^\circ$ , noch für eine gewisse Zeit eine Mehrfüllung des Zylinders möglich ist (Gasresonanz). Dies gilt für das herkömmliche Einlaßventil wie

auch für das Kombiventil. Bei  $\beta = 90^\circ$  (Fig. 6) ist der Kolben auch im tiefsten Punkt angelangt.

Bei der nun folgenden Aufwärtsbewegung des Kolbens wird das Gas verdichtet. Die Ventile sind geschlossen und die Nockenwelle dreht sich von  $\beta = 90^\circ$  bis  $\beta = 180^\circ$  (Fig. 6 bis Fig. 9).

Für  $180^\circ < \beta < 270^\circ$  bewegt sich der Kolben wieder nach unten, da die Verbrennung stattfindet (Arbeitszeit). Die Ventile sind immer noch geschlossen (Fig. 9 bis Fig. 12).

Für  $270^\circ < \beta < 360^\circ$  ist das Kombiventil (3) geöffnet. Die Aussparung (8) liegt nun derart, daß eine Verbindung zwischen dem Kombikanal (53) und dem Abgaskanal (7) geschaffen wird. Die Abgase strömen aus dem Zylinder aus, da sich der Kolben wieder in Richtung OT bewegt (Fig. 12 bis 14). Die Strömrichtung der Abgase ist aus Fig. 13 ersichtlich.

Bei  $\beta = 360^\circ = 0^\circ$  ist man bei der Ausgangssituation angelangt und der gleiche Ablauf wiederholt sich.

Für  $\beta = 300^\circ$  ist es durch eine geeignete variable Steuerung des Ringschieberantriebs, wofür ein Beispiel in Fig. 15 gezeigt wird, möglich, für den Moment, in dem der Auslaßquerschnitt, der durch die Aussparung (8) in Kombination mit dem Kombikanal (53) und dem Abgaskanal (7) definiert wird, am größten ist, den Drehschieber (6) für eine gewisse Zeit fast in dieser Stellung verharren zu lassen, um dann kurz darauf die Drehung des Drehschiebers zu beschleunigen. Mit anderen Worten der Drehschieber dreht sich zuerst kurz langsamer und dann schneller. Damit wird ein möglichst großer Ausschiebquerschnitt gewährleistet.

Diese Vorrichtung könnte, wie in Fig. 15 dargestellt aber auch durchaus anders, ausgeführt werden.

In Fig. 15 wird eine Ansteuerung des Ringschieberventils beschrieben. Das Zahnriemenrad des Ringschieberventils (41) wird über eine Kette, einen Riemen oder einen Keilriemen (60) von dem Zahnriemenrad der Kurbelwelle (51) mit einer Übersetzung von in diesem Ausführungsbeispiel 1 zu 2 angetrieben. Durch beidseitige Vorspannung des Zahnriemens mit geeigneten Mitteln ist es möglich, das Winkelverhältnis zwischen Drehschieberdrehwinkel  $\beta$  und Kurbelwellendrehwinkel  $\alpha$  um einige Winkeleinheiten zu verschieben. Diese Bewegung kann durch eine geeignete Excenterkonstruktion oder Kurvenscheibenführung, derart daß die Andruckrollen (9) oder Anpreßrollen (9) auf die Riemens (60) drücken. Dieses funktioniert erfindungsgemäß so, daß während des Nachfahrens der Andruckrollen (9), die auf die Riemens (60) drücken, die Winkelgeschwindigkeit des Drehschiebers  $d\beta/dt$  in Bezug auf die Winkelgeschwindigkeit der Kurbelwelle  $d\alpha/dt$  vergrößert bzw. verkleinert wird.

Es wäre in dieser oben beschriebenen Ausführungsform sinnvoll, das Drehschieberventil entweder ganz aus Keramik auszubilden oder zumindest mit Keramik zu beschichten. Im Hochleistungsmotorenbau ist es üblich eine Aluminiumlegierung mit Keramik zu beschichten und dieses Material dann für Ventile zu benutzen. Genauso ist es wohl sinnvoll in Hochleistungsmotoren die Kombiventile aus ähnlichem Material herzustellen. Dabei kommt der Materialwahl allerdings erfindungsgemäß der Vorteil zugute, daß sowohl das Drehschieberventil als auch das Kombiventil abwechselnd mit heißen Abgasen und kühlen Frischgasen in Berührung kommen. Damit wird eine aufwendige Kühlseinrichtung unnötig.

Um die Verdichtung im Brennraum (4) zu steuern könnte der Brennraum (4) in der Länge variabel ausge-

führt werden.

Fig. 16 zeigt einen Schnitt durch einen Zylinderkopf, bei dem anstelle des Drehschieberventils (6) aus Fig. 1 bis 14 jeweils ein Einlaß- (70) und ein Auslaßventil (71) verwendet wird. Die Ein- und Auslaßventile werden wie die anderen Ventile mit Nockenwellen (72, 73) geöffnet oder geschlossen. Eine Nockenwellenansteuerung eines Viertakt-Otto-Motors mit Kombiventil als Drei-Fachventil zur Füllungs-Verbesserung mit der die Ventile aus der Fig. 16 betrieben werden können, ist in Fig. 17 dargestellt. Die Nockenwellen (61, 62, 63) werden durch Zahnriemen (60) angetrieben.

Auch Zweizylinder-Verbrennungsmotoren können erfundungsgemäß mit mindestens einem Kombiventil bestückt werden. Dazu wird auf Fig. 18 verwiesen, die in dem oberen Teil der Figur eine Ausbildung eines Drehschieberventils aufzeigt, das erfundungsgemäß zwei Aussparungen für die Strömungskanäle aufweist. Im unteren Teil der Fig. 18 sind Schnitte durch die Drehschieberventile des oberen Teils der Fig. 18 dargestellt. Insbesondere wird auf die Hohlräume für Kühlflüssigkeiten sowie eine durchgehende Bohrung und Ausfräsun-  
gen für den Kühlmittelkreislauf hingewiesen.

Die Fig. 19 bis 21 zeigen erfundungsgemäß Ausbildungen eines Viertakt-Otto-Motors mit Kombiventil. Dabei wird in den oberen Figuren dargestellt, an welchen Stellen die Schnitte, die in dem unteren Teil der Figuren dargestellt sind, angebracht sind.

Es wird explizit noch einmal darauf hingewiesen, daß anhand der Zeichnungen mögliche Ausführungsformen der Erfahrung dargelegt wurden. Die Erfahrung beinhaltet unter anderem das Prinzip eines Verbrennungsmotors, der die gleichen Ventile zum Einlassen und Ausschieben von Gasen benutzt und außerdem das Prinzip die Zeit, in der die Abgaskanäle bzw. Einlaßkanäle für Gase einen relativ großen Querschnitt haben, zu verlängern.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Füllen des oder der Brennräume eines Verbrennungsmotors, dadurch gekennzeichnet, daß zur effizienteren Füllung des oder der Brennräume mindestens ein Ventil des Brennraums als Einlaß- und als Auslaßventil (Kombiventil) genutzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein weiteres Ventil als Einlaßventil und/oder mindestens ein weiteres Ventil als Auslaßventil genutzt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Ventile als Einlaß- und Auslaßventil (Kombiventile) genutzt werden.
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kombikanal (53) über ein Ventil mit einem Ansaugkanal (51 oder 52) verbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kombikanal (53) über ein Ventil mit einem Abgaskanal (7) verbunden ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Kombiventile kreiszylindersförmig sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Kombiventile ellipsen-zylindersförmig sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Drehschieberventil, ein Kippventil, ein Mehrfachventil, ein Tellerventil, ein Kegelventil, ein Kugelventil oder ein Klappventil zur Steuerung des Aus- und Einlassens von Gasen aus und in den Brennraum benutzt wird.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Einlassen von Frischgasen durch das Kombiventil zur Kühlung der Ventile dient.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsmotor nach dem Zweitakt- oder Viertakt-Prinzip arbeitet.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsmotor ein Otto-Motor, ein Stirling-Motor, ein Drehkolben-Motor oder ein Diesel-Motor ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventile aus hitzebeständigem Material wie z. B. Keramik oder mit Keramik beschichtetes Aluminium bestehen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsraum in der Länge variabel ist, um die Verdichtung zu steuern.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnen und Schließen des Kombiventils über eine Doppelnocke gesteuert wird.

15. Vorrichtung zur Ansteuerung mindestens eines Ventils, insbesondere nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Winkelgeschwindigkeitsverhältnis vom Ventil zur Kurbelwelle kurzzeitig variiert wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil ein Drehschieberventil ist und die Steuerung über Anpreßrollen, die an einen Riemens drücken, der die Zahnräder des Drehschieberventils und der Kurbelwelle miteinander verbinden, geschieht.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß für eine Zeit, die durch spezielle Ausführungsformen gegeben ist, ein optimal großer Querschnitt für das Ausschieben von Abgasen oder das Einlassen von Frischgasen gegeben ist.

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

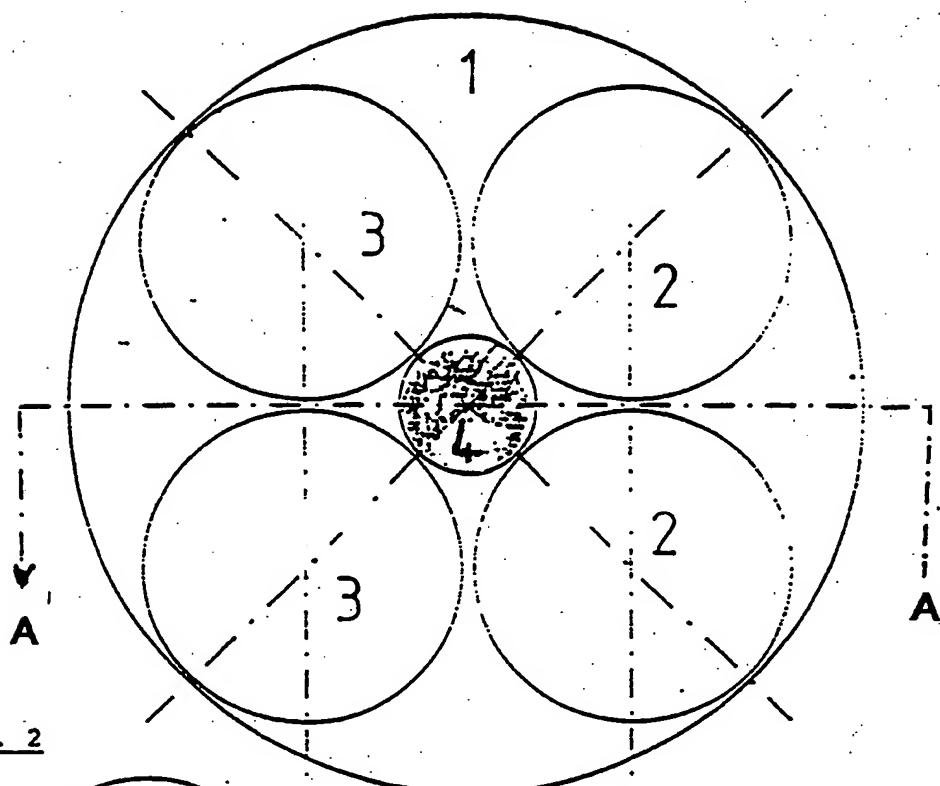


FIG. 2

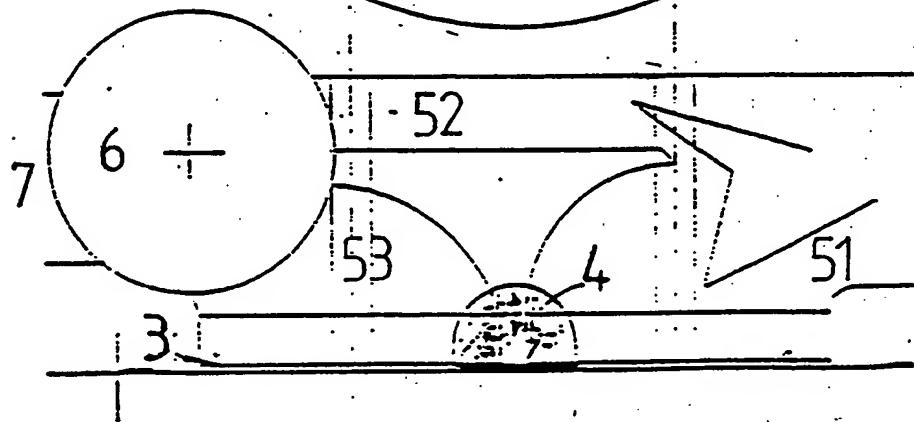


FIG. 3

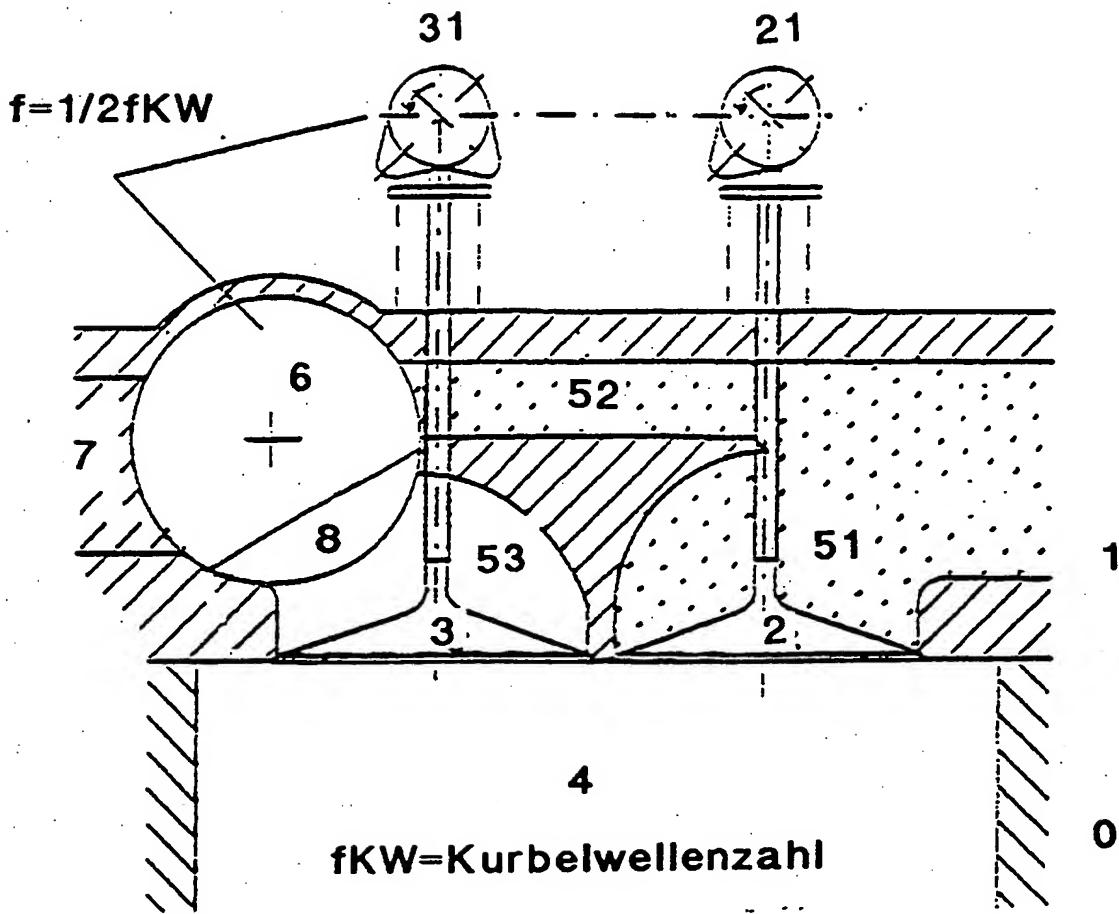
**0° KW-Winkel**

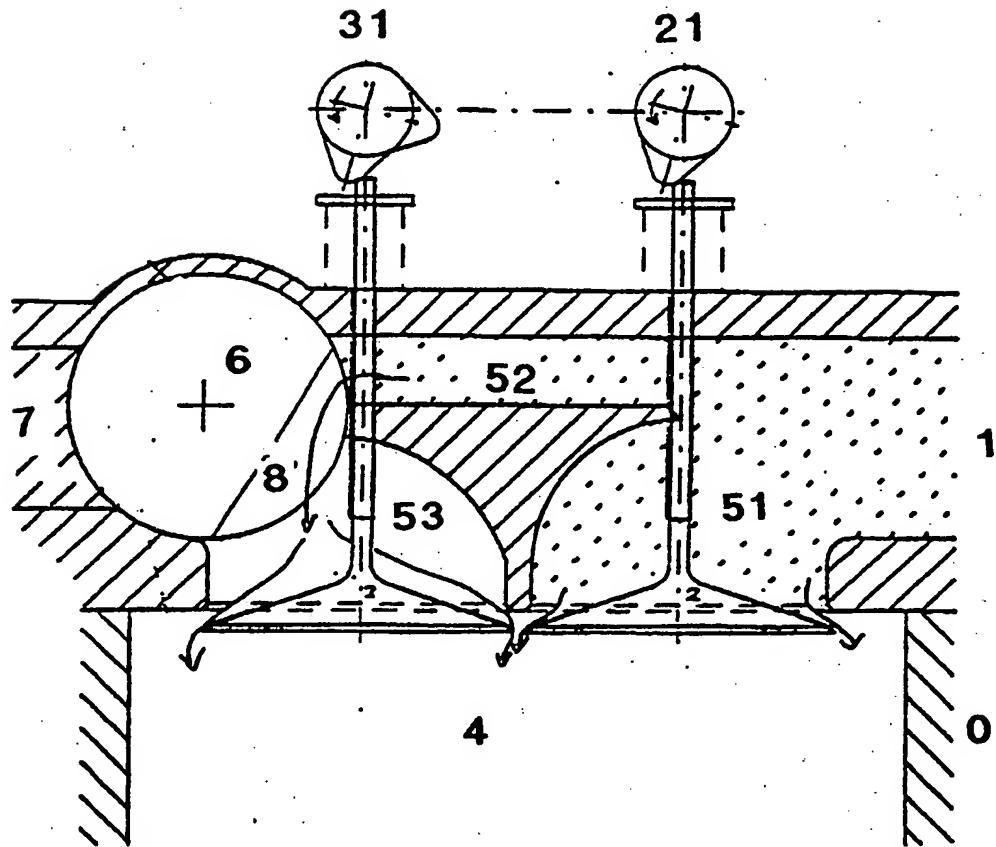
FIG. 4**60° KW-Winkel**

FIG. 5.

**120° KW-Winkel**

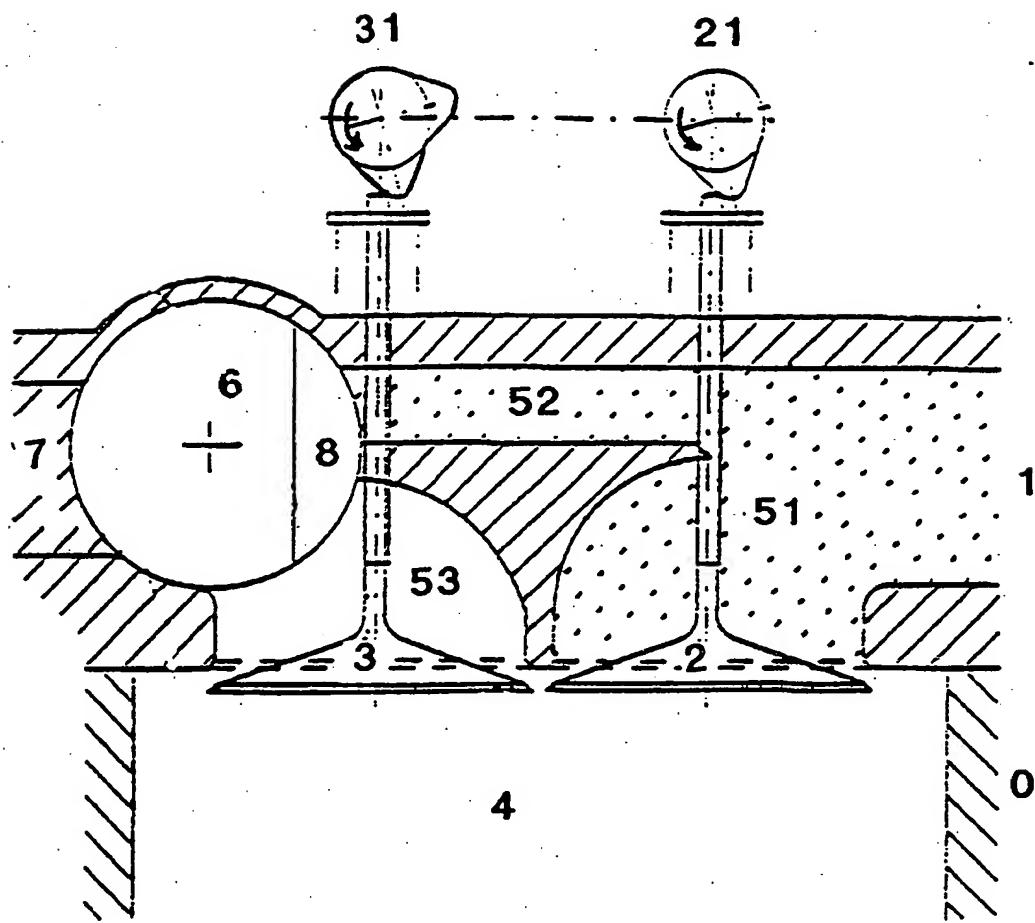


FIG. 6

180° KW-Winkel

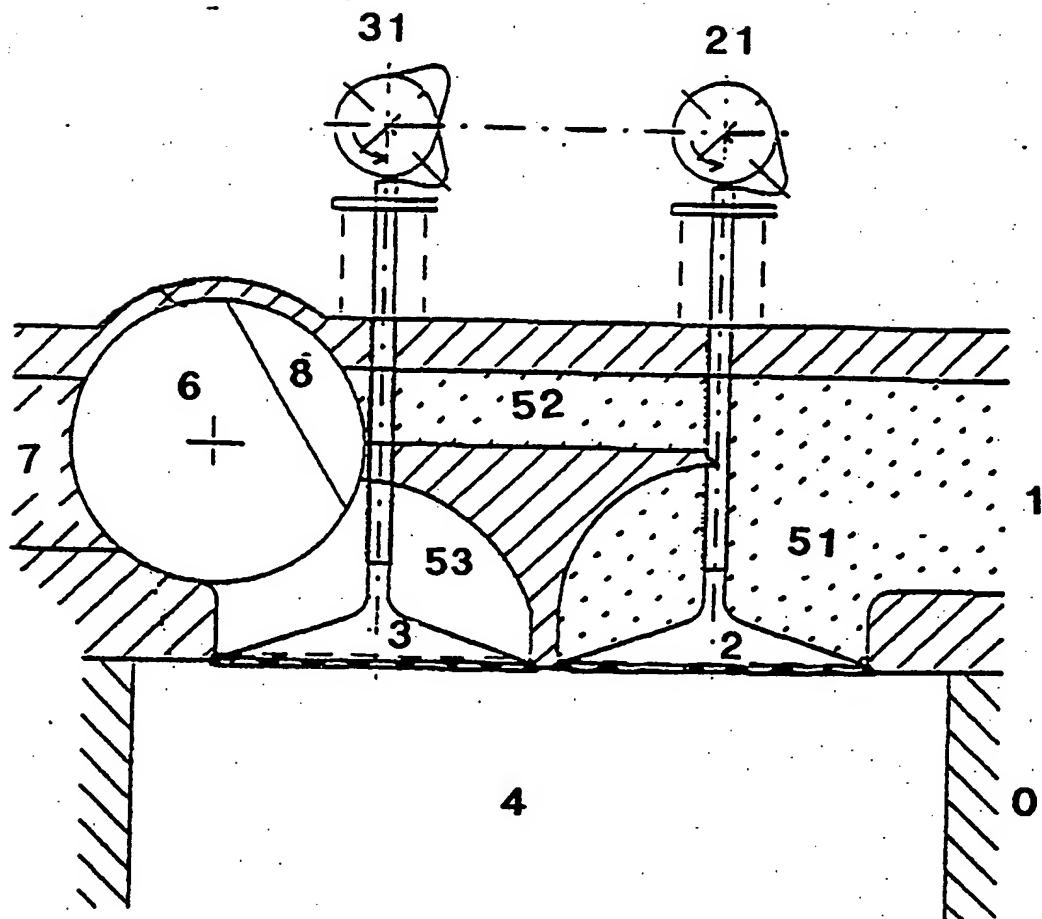


FIG. 7

240° KW-Winkel

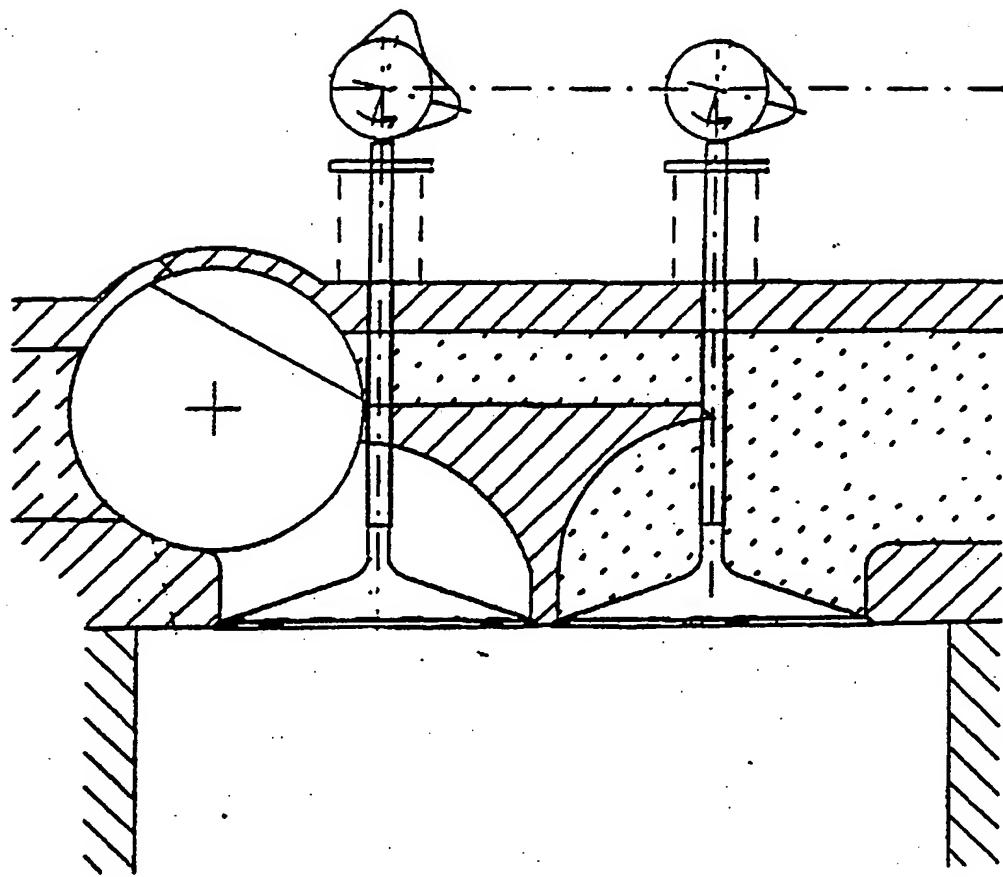


FIG. 8

300° KW-Winkel

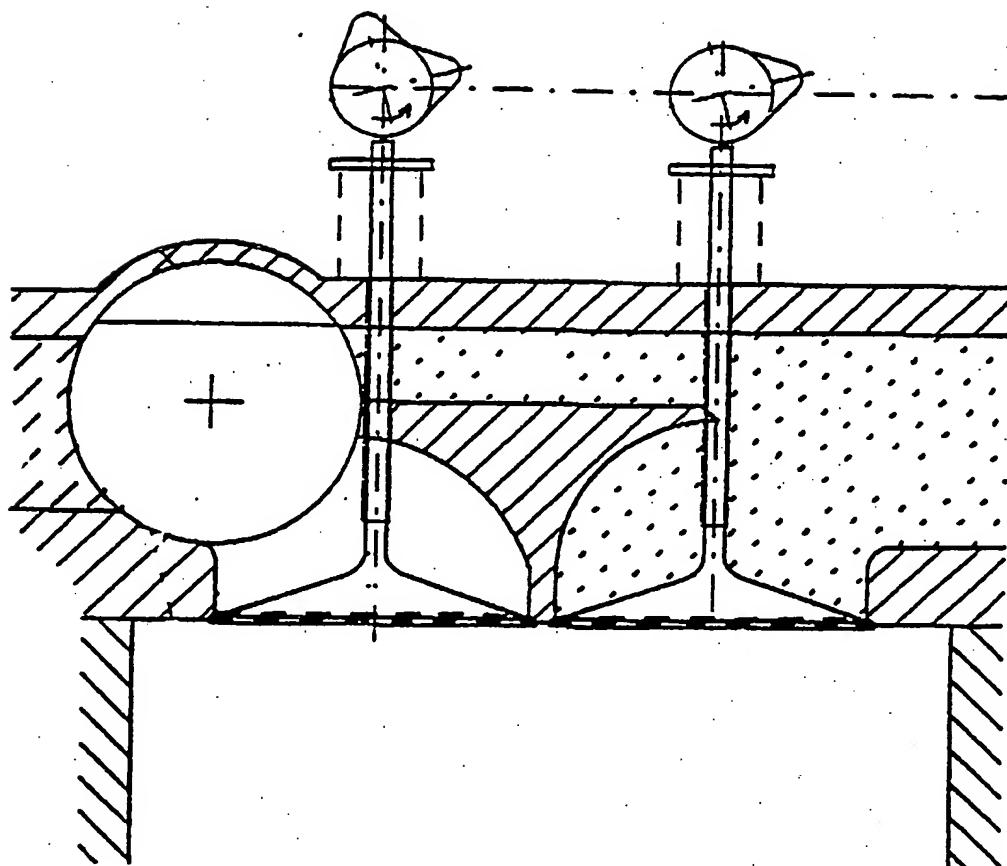


FIG. 9

360° KW-Winkel

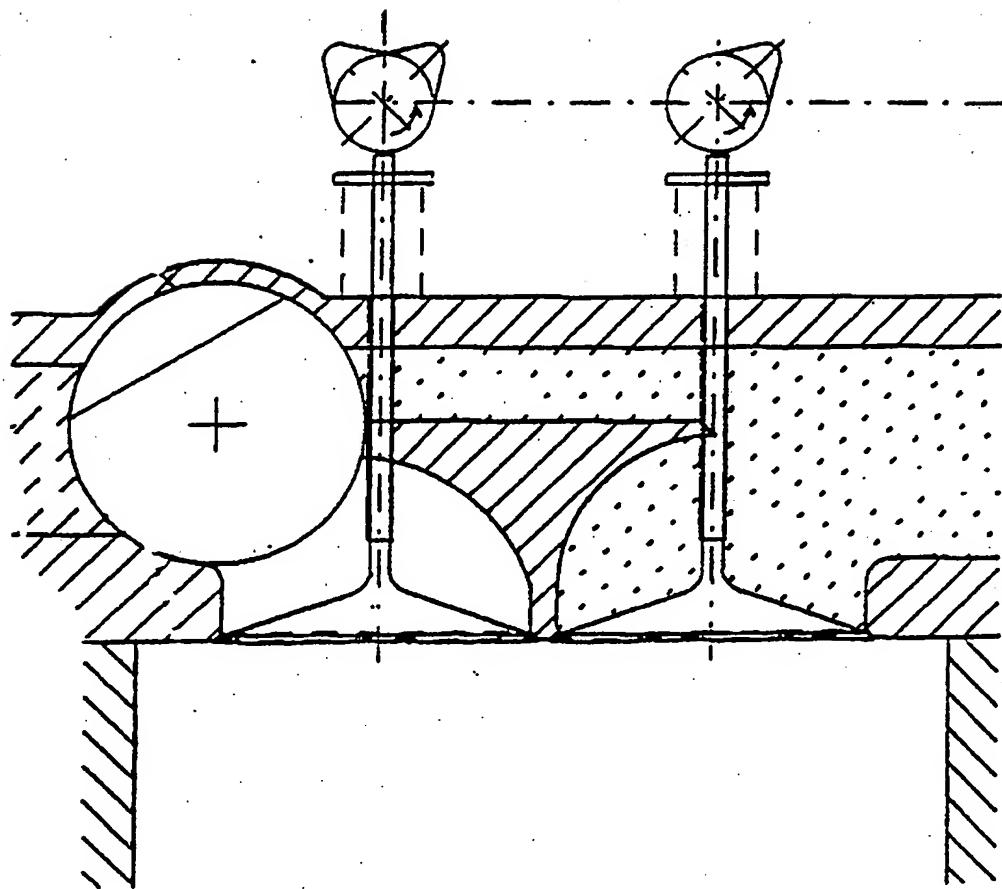


FIG. 10

**420° KW-Winkel**

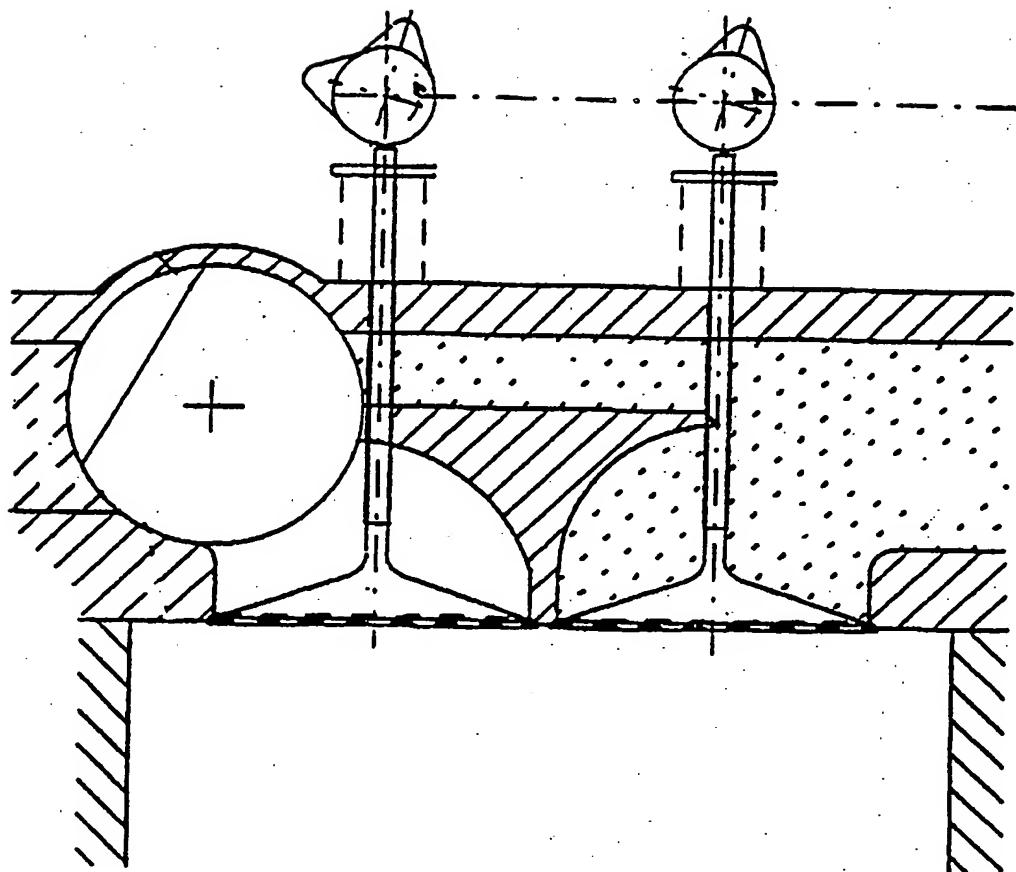


FIG. 11

**480° KW-Winkel**

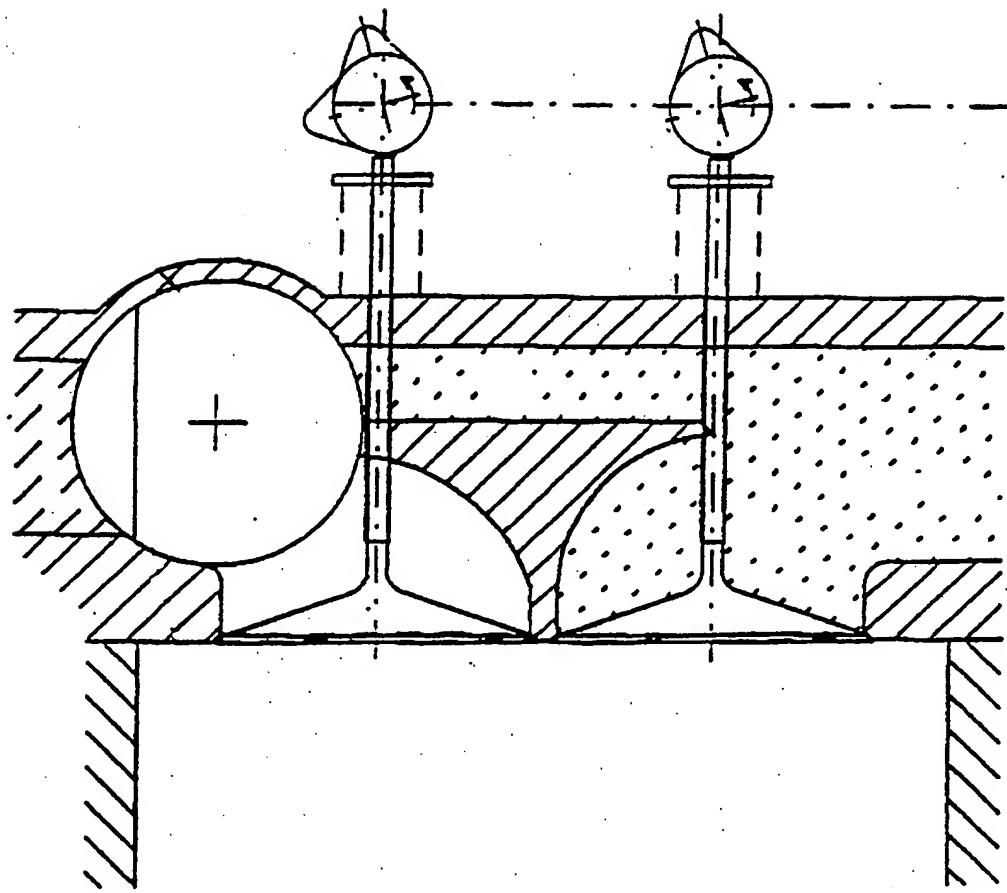


FIG. 12

540° KW-Winkel

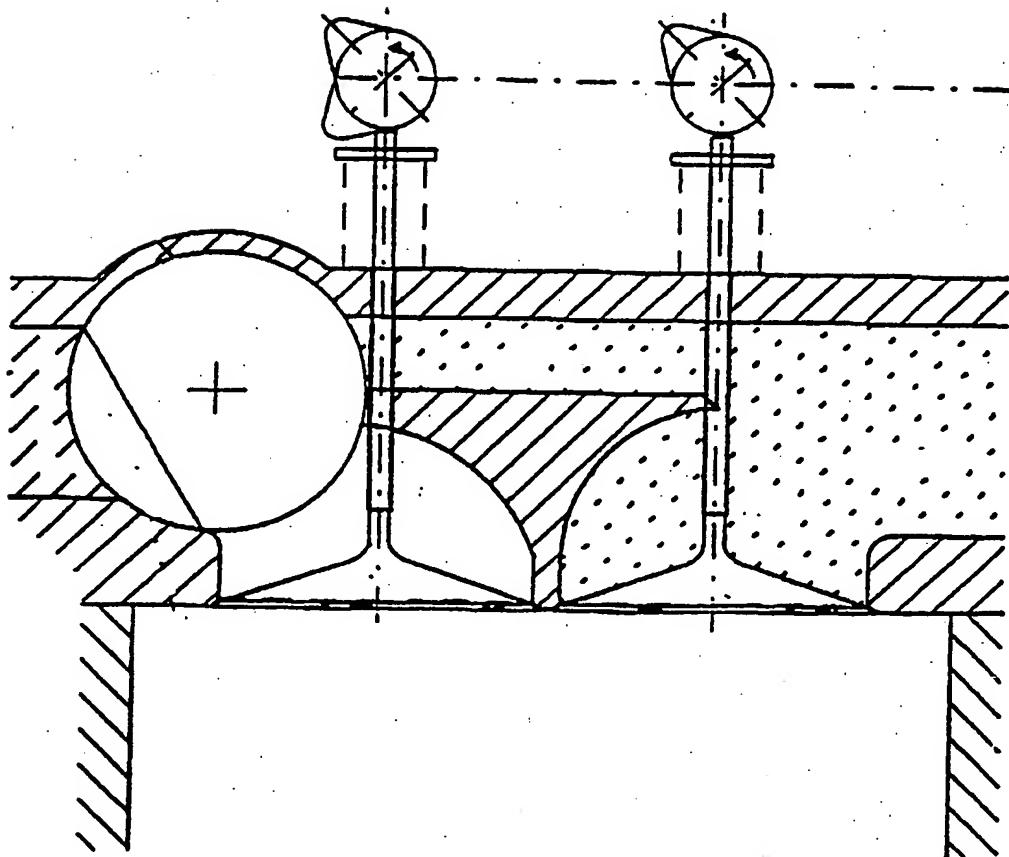


FIG. 13

600° KW-Winkel

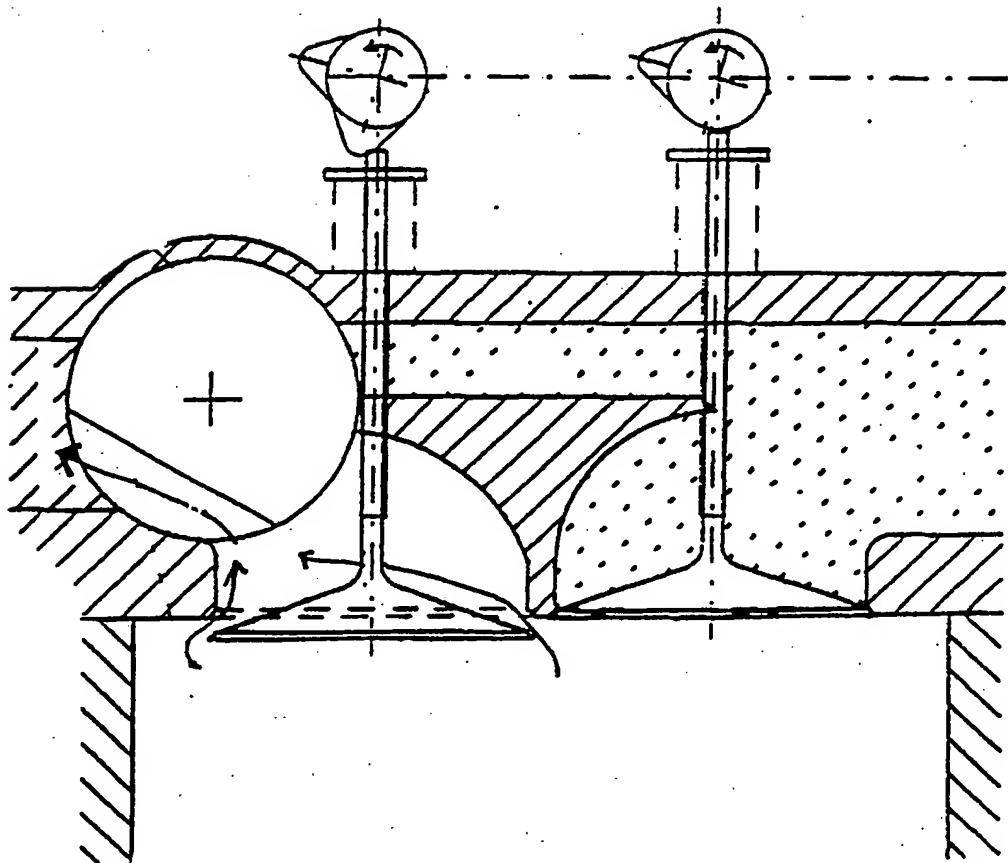
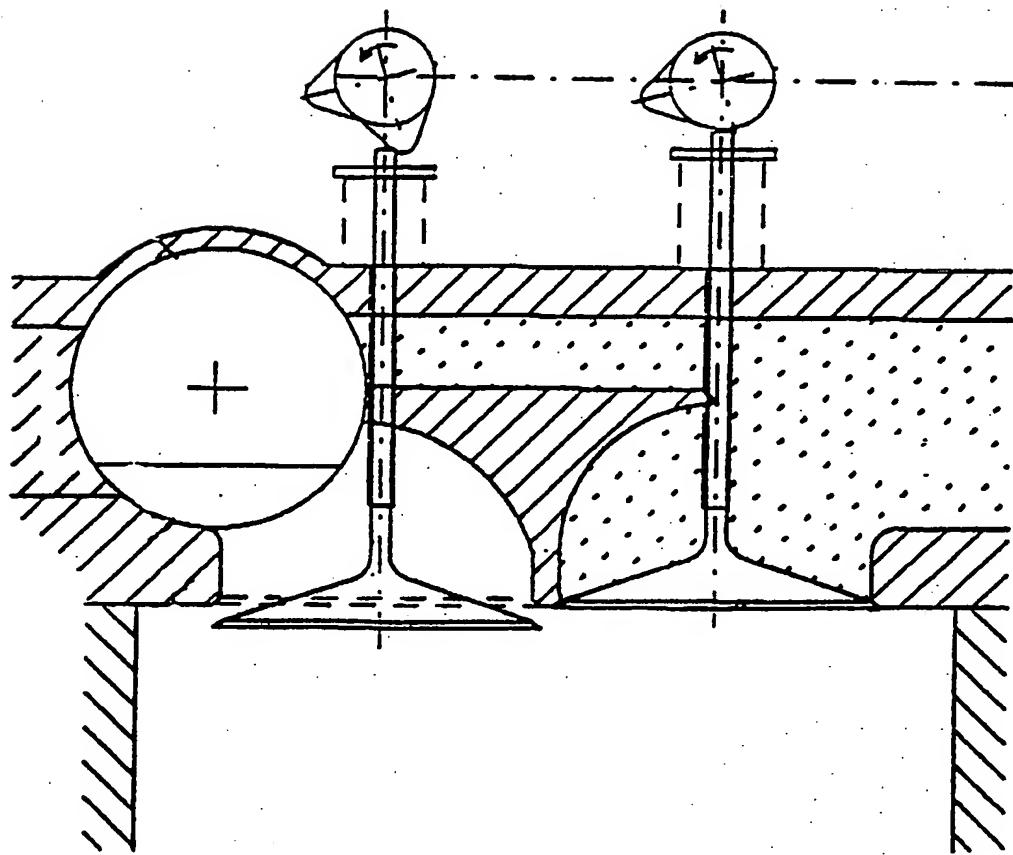


FIG. 14

**660° KW-Winkel**



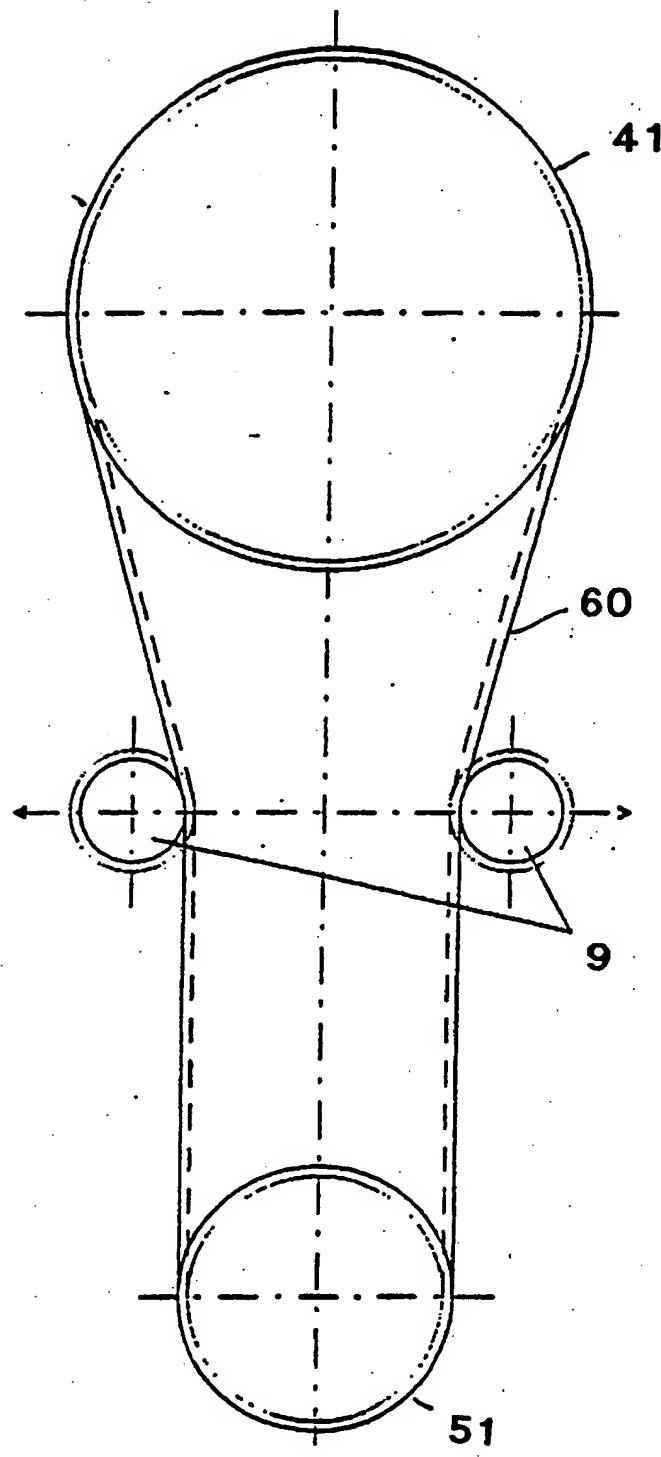


Fig. 15

Fig. 16

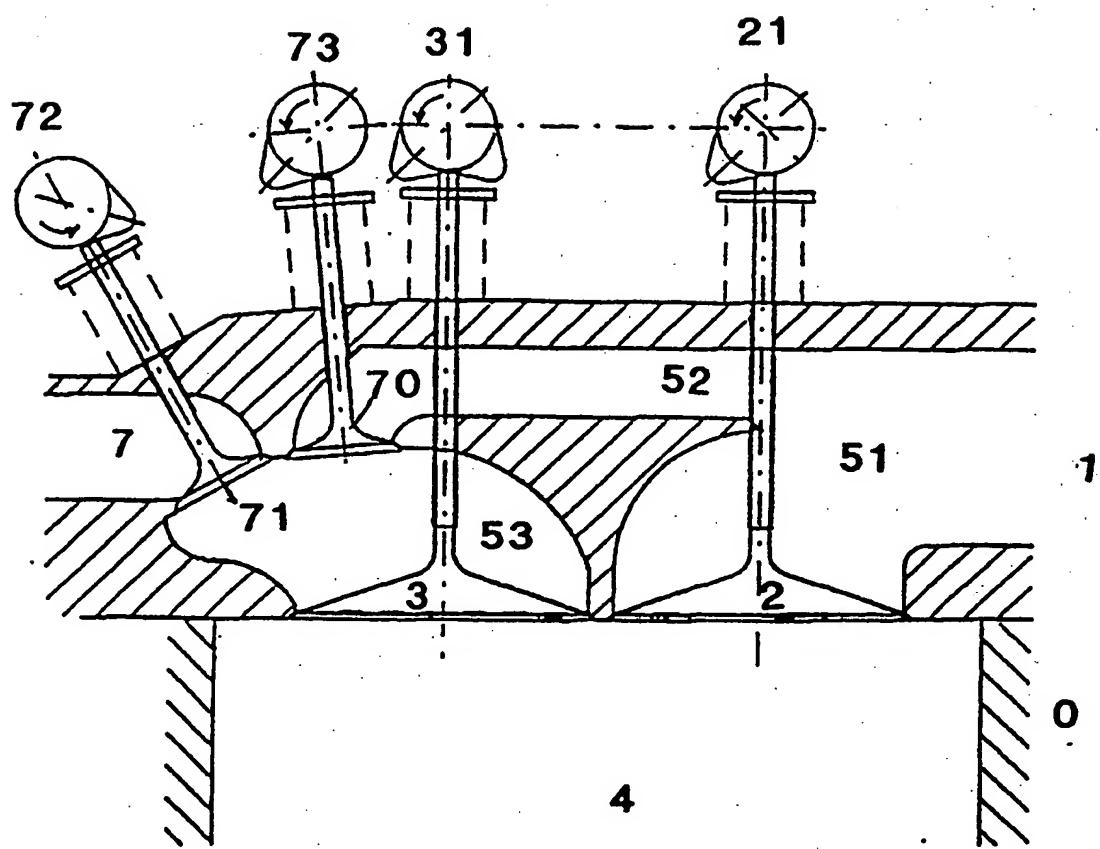
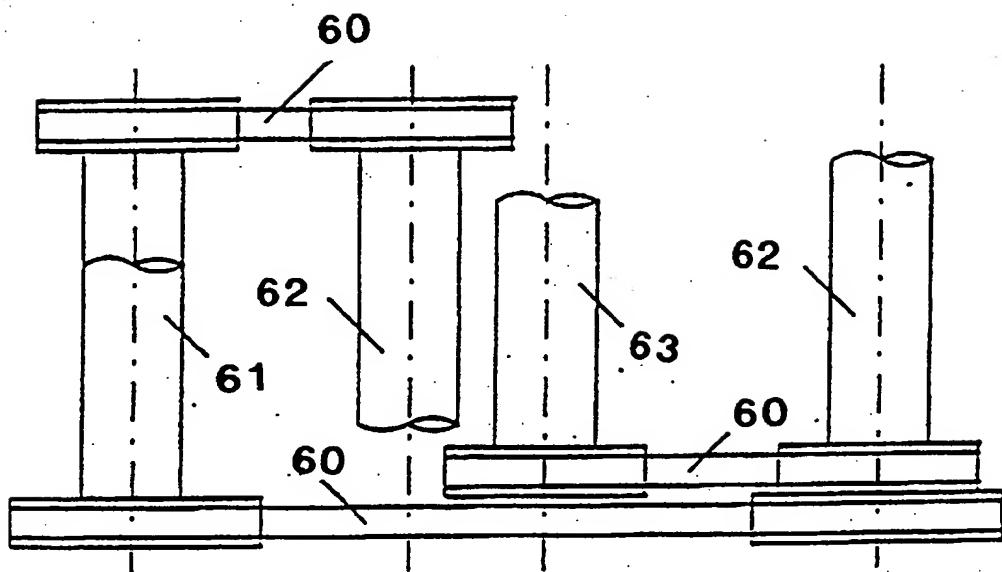


Fig.17



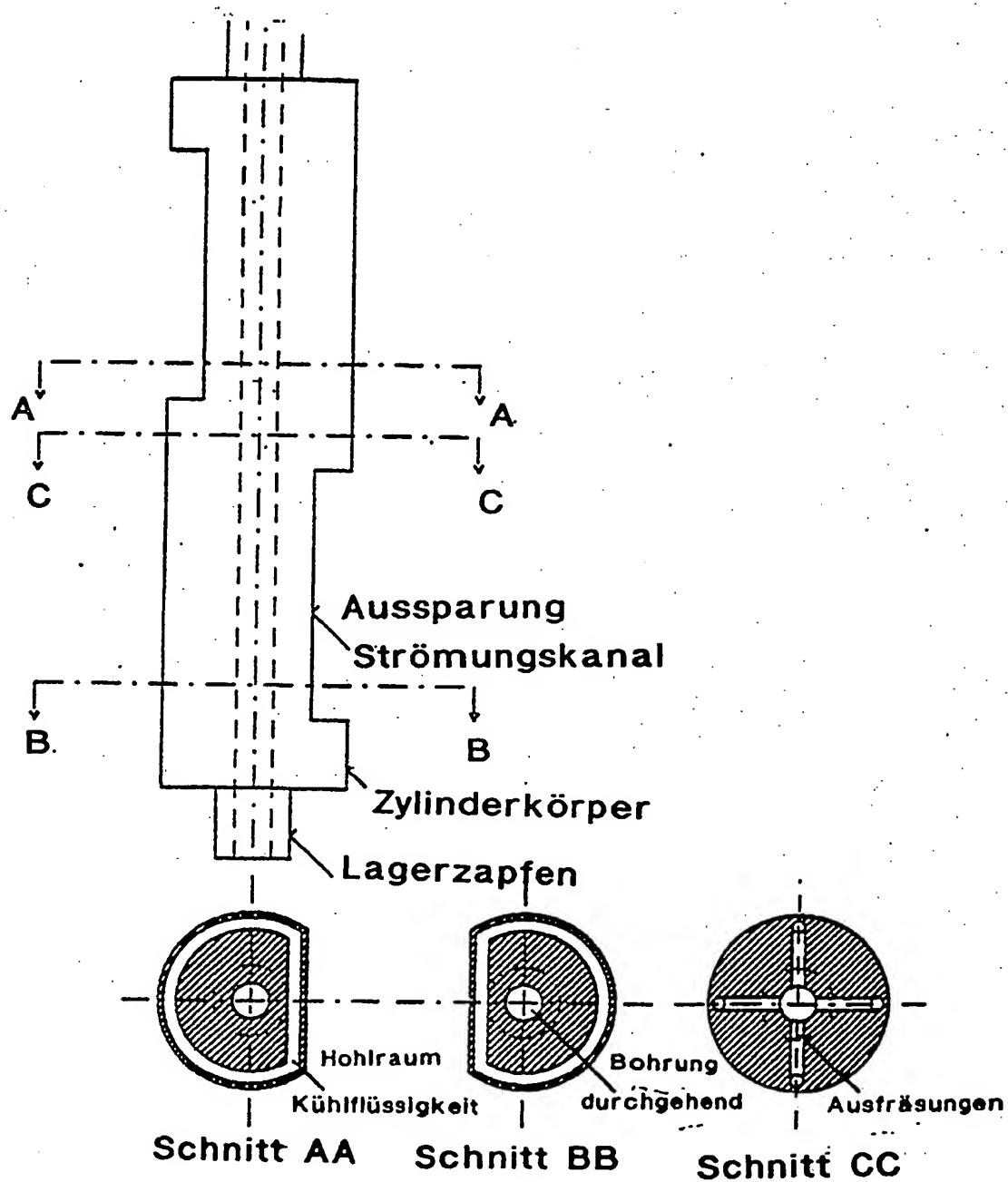
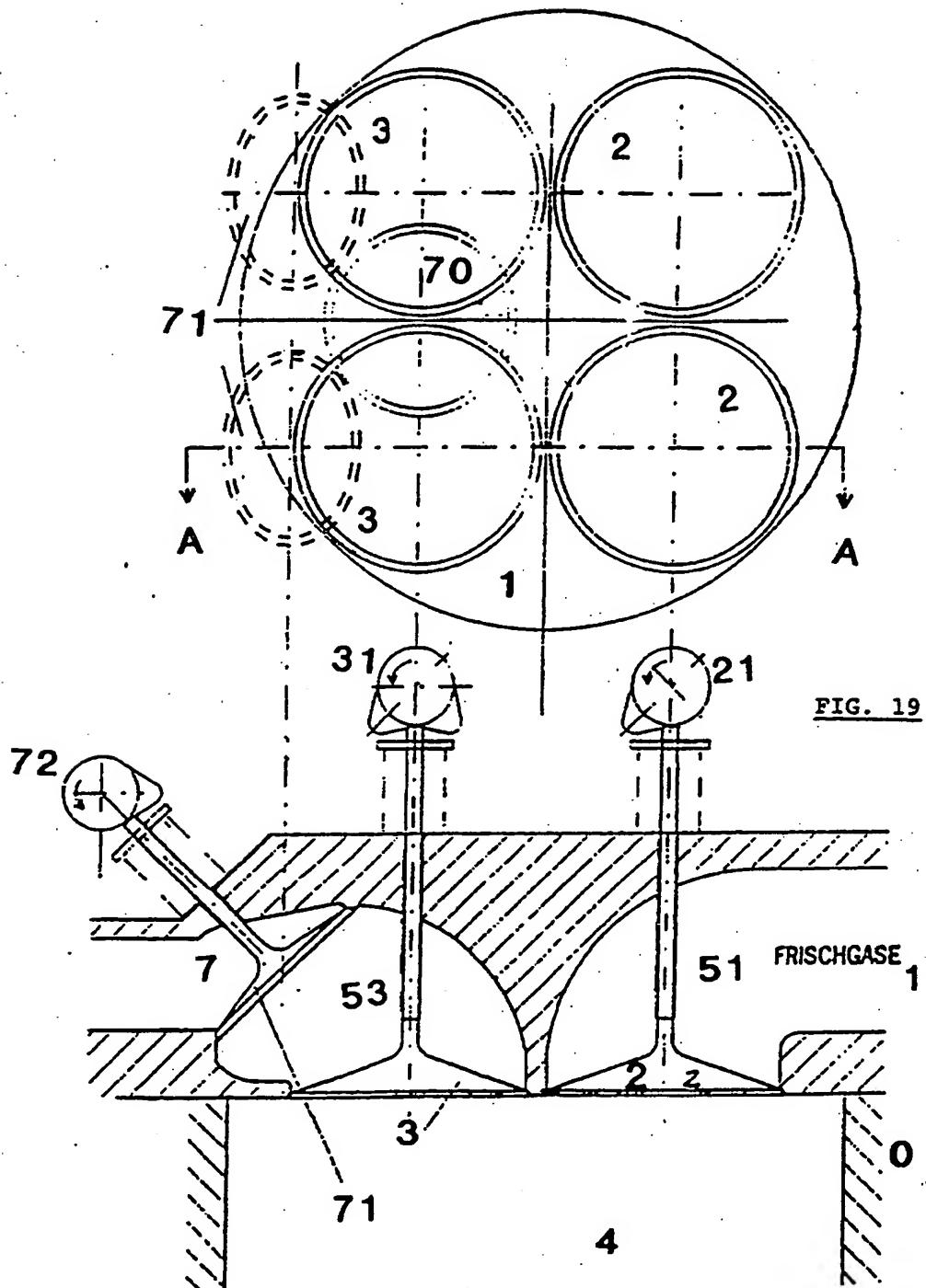
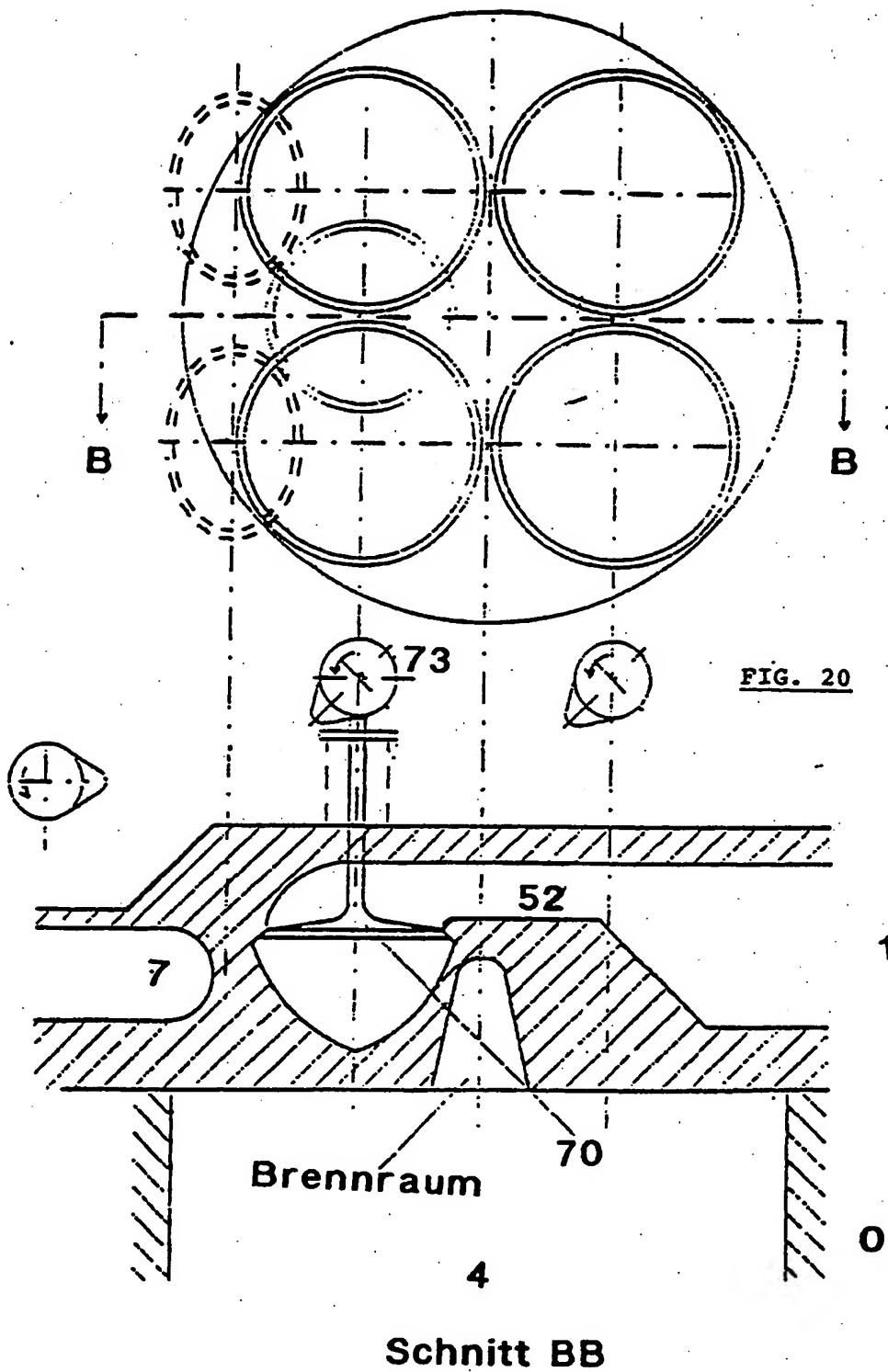


Fig. 18



## Schnitt AA



Schnitt BB

